

## ДЕЙСТВИЕ ШИРОКОПОЛОСНОЙ НАКАЧКИ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ ВКР ВБЛИЗИ РЕЗОНАНСА

В.А.Михайлов, В.И.Одинцов, Л.Ф.Рогачева

При исследовании ВКР вблизи резонанса установлено существование не зависящей от величины расстройки критической спектральной плотности накачки, при превышении которой эффективность накачки не зависит от ширины ее спектра.

В последнее время большое значение приобретают исследования резонансных нелинейных процессов в разреженных средах. Ввиду узости энергетических уровней таких сред спектральная ширина накачки может значительно превышать ширину линии перехода среды (широкополосная накачка). Возбуждение ВКР при широкополосной накачке в нерезонансном случае исследовалось теоретически и экспериментально в ряде работ [1, 2]. Целью настоящей работы явилось изучение действия широкополосной накачки при возбуждении ВКР вблизи резонанса. ВКР возбуждалось в парах рубидия с применением двух лазеров на органических красителях с перестраиваемой частотой, возбуждавшихся одним импульсом рубинового лазера. Световые пучки лазеров на красителях совмещались в пространстве и направлялись на кювету с парами Rb длиной  $l = 18$  см. Диаметр светового пучка в кювете составлял  $\sim 1,8$  мм.

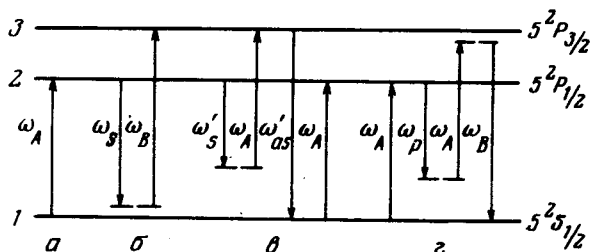


Рис. 1. Схема процессов, наблюдавшихся вблизи резонансных переходов Rb

Исследовалось излучение, выходящее из кюветы в направлении возбуждающего пучка. Частота одного лазера (лазер А),  $\omega_A$ , настраивалась на резонансный переход  $1 - 2$ ,  $\lambda = 794,8$  нм (здесь и далее мы используем цифровые обозначения уровней, приведенные на рис. 1), что обеспечивало эффективное заселение уровня 2 (рис. 1, а). Второй лазер В осуществлял возбуждение ВКР с этого уровня (рис. 1, б). Его частота  $\omega_B$  варьировалась вблизи резонансного перехода  $1 - 3$  ( $\lambda = 780,0$  нм, частота  $\omega_{31}$ ). Мощность и ширина линии лазера А составляли  $P_A \doteq 300$  квт,  $\Delta\omega_A/2\pi c = 0,2$  см $^{-1}$ . Спектральная ширина излучения лазера В изменялась от 0,2 до 20 см $^{-1}$ . Температура паров Rb равнялась 220°C (концентрация атомов  $2 \cdot 10^{15}$  см $^{-3}$ ). Вследствие относительно большой расстройки от резонансного промежуточного уровня 1 мощность лазера А была недостаточна для возбуждения ВКР на частоте  $\omega'_S$  (рис. 1, в), при выключенном лазере В. Излучение лазера А не испытывало самофокусировки или самодефокусировки ввиду глубокого насыщения резо-

нансного перехода 1 – 2 в поперечном сечении пучка. Канал просветления среды, создаваемый излучением этого лазера, препятствовал проявлению самодефокусировки излучения лазера В, образуя для него оптический волновод. Это позволяло с хорошей точностью определять плотность мощности (интенсивность) излучения возбуждающего лазера В в случае длинноволновых расстройек  $\Delta = \omega_B - \omega_{31} < 0$ . При коротковолновых расстройках наблюдалась самофокусировка излучения лазера В. За порог возбуждения ВКР принималось появление сигнала на стоксовой частоте  $\omega_s$  с энергией  $\sim 10^{-6}$  Дж.

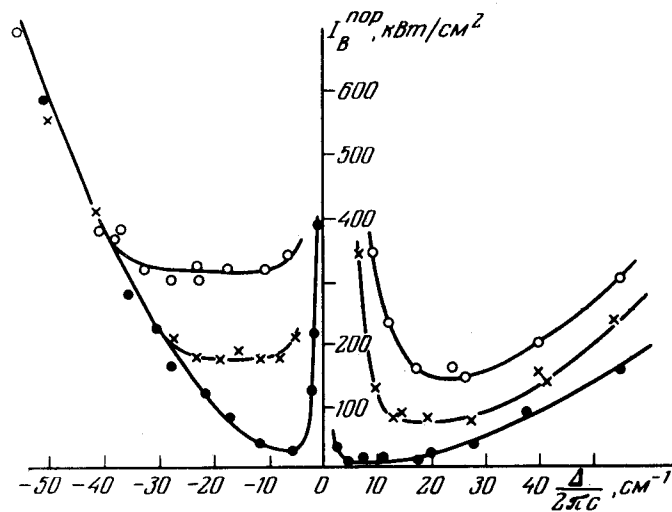


Рис. 2. Частотная зависимость порога ВКР при различной ширине спектра накачки: ... –  $0,2 \text{ см}^{-1}$ ; xxx –  $10 \text{ см}^{-1}$ ; ooo –  $20 \text{ см}^{-1}$

Зависимость пороговой интенсивности возбуждающего лазера  $I_B^{\text{пор}}$  от расстройки  $\Delta$  при различных значениях ширины его спектра  $\Delta\omega_B$  представлена на рис. 2. Горизонтальные участки, имеющиеся со стороны длинноволновых расстроек на пороговых кривых для ширины спектра накачки  $10$  и  $20 \text{ см}^{-1}$ , показывают, что ВКР здесь возникает только при достижении некоторых критических значений интенсивности  $I_B^{\text{кр}}$ , равных соответственно  $\sim 170$  и  $320 \text{ кВт/см}^2$  и не зависящих от величины расстройки. В пределах экспериментальной ошибки указанные значения  $I_B^{\text{кр}}$  дают для критической спектральной плотности накачки  $I_B^{\text{кр}} = I_B^{\text{кр}}/\Delta\omega_B = 2\pi c \tilde{I}_B^{\text{кр}}$  одну и ту же величину  $\tilde{I}_B^{\text{кр}} = 16,5 \text{ кВт/см}$ . Исходя из этого значения  $\tilde{I}_B^{\text{кр}}$ , найдем, что при ширине линии накачки  $0,2 \text{ см}^{-1}$   $I_B^{\text{кр}} = 3,3 \text{ кВт/см}^2$ . Как видно из рис. 2, соответствующая пороговая кривая целиком лежит в области  $I_B^{\text{пор}} > I_B^{\text{кр}}$ . В непосредственной близости к резонансу для всех значений  $\Delta\omega_B$  эксперимент дает резкое возрастание  $I_B^{\text{пор}}$ . За исключением этой области все экспериментальные точки со стороны длинноволновых расстроек при  $I_B^{\text{пор}} > I_B^{\text{кр}}$  хорошо ложатся на общую параболу. Таким образом, при превышении критической спектральной плотности эффективность накачки не зависит от ширины ее спектра. По этой параболе, принимая, в соответствии с условиями эксперимента, коэффициент усиления на проход кюветы в  $I_B^{\text{пор}} l \sim \sim 18$ , находим, что экспериментальное значение коэффициента усиления ВКР при превышении критической спектральной плотности накачки

составляет  $b = 4,4(2\pi c / \Delta)^2 \text{ кмт}^{-1} \cdot \text{см}$ . На ход пороговых кривых при коротковолновых расстройках, несомненно, влияла самофокусировка излучения лазера  $B$ .

Определение критической спектральной плотности накачки, данное в [2], можно использовать в резонансном случае при условии, что расстройка существенно превышает ширины уровней и линии накачки. При учете насыщения перехода  $1 - 2$  расчет для резонансного ВКР дает

$$J_B^{\text{кп}} = \frac{c^2 \hbar^2 \omega_{31} \Delta \Omega}{\pi^2 \omega_s \mu_{21}^2} \quad (1)$$

где  $\mu_{21}$  — матричный элемент дипольного момента для перехода  $1 - 2$ ,  $\Delta \Omega$  — ширина линии спонтанного рассеяния. Выражение (1) показывает, что  $J_B^{\text{кп}}$  не зависит от плотности атомов и расстройки  $\Delta$ . Величина  $\Delta \Omega$  определяется, в основном, уширением уровня  $2$  в поле мощного излучения лазера  $A$ . В целях приближенной оценки можно положить  $\Delta \Omega \sim \sim \Delta \omega_A$ . Тогда  $J_B^{\text{кп}} = 19 \text{ кмт/см}$ , что хорошо согласуется с экспериментальным значением. При той же  $\Delta \Omega$  расчет дает для коэффициента усиления ВКР при монохроматической накачке  $b = 3,4(2\pi c / \Delta)^2 \text{ кмт}^{-1} \cdot \text{см}$ , что близко к экспериментальному значению, полученному выше для широкополосной накачки при условии превышения критической спектральной плотности.

Вблизи резонанса эффективно возбуждались два четырехфотонных параметрических процесса (рис. 1,  $\theta, \nu$ )

$$2\hbar\omega_A \rightarrow \hbar\omega'_s + \hbar\omega'_{as} \quad (2)$$

$$2\hbar\omega_A \rightarrow \hbar\omega_B + \hbar\omega_p \quad (3)$$

Хотя частота  $\omega_B$  непосредственно не участвует в процессе (2), он не возникает при отсутствии излучения лазера  $B$ . При наличии этого излучения модуляция среды на частоте  $\omega_B - \omega_A$ , обеспечивая протекание процесса (3), видимо, инициирует также и возбуждение процесса (2). При приближении к резонансу мощность лазера  $B$ , требуемая для возбуждения этих процессов, быстро уменьшалась и их экспериментальные пороги оказывались ниже порога ВКР на частоте  $\omega_s$ .

Московский  
государственный университет  
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию  
17 декабря 1976 г.

### Литература

- [1] С.А.Ахманов, Ю.Е.Дьяков, А.С.Чиркин. Письма в ЖЭТФ, 13, 724, 1971.  
[2] С.А.Ахманов. Изв. высш. уч. зав., сер. Радиофизика, 17, 541, 1974.